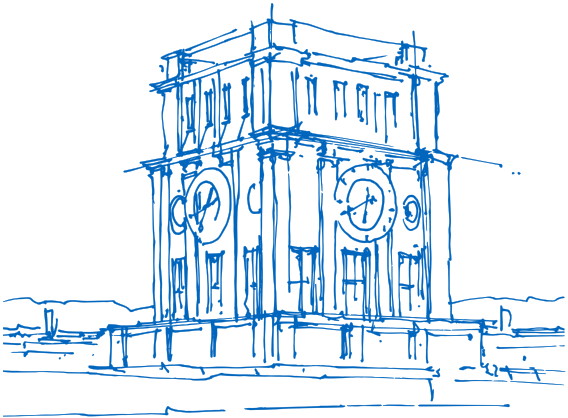
School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

Übung 03: RISC-V Deep Dive

Einführung in die Rechnerarchitektur



Michael Morandell

School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

04. – 10. November 2024

Mitschriften & Infos

Montags:
https://zulip.in.tum.de/#narrow/stream/2668-ERA-Tutorium—Mo-1000-4

Donnerstags:
https://zulip.in.tum.de/#narrow/stream/2657-ERA-Tutorium—Do-1200-2

Website: https://home.in.tum.de/ momi/era/

Keine Garantie für die Richtigkeit der Tutorfolien.

Bei Unklarheiten/Unstimmigkeiten haben VL/ZÜ-Folien recht!

Inhaltsübersicht

- Wiederholung
  - Register & Calling Convention
  - Load/Store Befehle
  - Unterprogrammaufrufe
  - If-else & while in RISC-V
  - Speicherorganisation
  - Arrays
  - Strings
  - Structs
- Tutorblatt
  - Arrays und deren Adressierung
  - Zeichenketten/Strings
  - Taschenrechner-Tester (Präsenzaufgabe 01)

Wiederholung

Register & Calling Convention

- Argumente: a0 bis a5
- Rückgabewert: In a0 - a1 erwartet
- Temporäre Register: t0 - t6 können einfach überschrieben werden
- Saved Registers: s0 - s11 können genutzt werden, müssen vor return aber wiederhergestellt werden

Name	Register Number	Use
zero	x0	Constant value 0
ra	x1	Return address
sp	x2	Stack pointer
gp	x3	Global pointer
tp	x4	Thread pointer
t0–2	x5–7	Temporary registers
s0/fp	x8	Saved register/Frame pointer
s1	x9	Saved register
a0–1	x10–11	Function arguments/Return values
a2–7	x12–17	Function arguments
s2–11	x18–27	Saved registers
t3–6	x28–31	Temporary registers

Load/Store Befehle

- Load und Store in 8 (`b`), 16 (`h`), 32 (`w`) Bit Varianten
- Bei 8 und 16 Bit-Load Varianten für Sign- und Zero-Extension des geladenen Datums
- effektive Adresse = `rs1 + imm`
- nur Register als Quelle für Adresse (keine Immediates!)

op	funct3	funct7	Type	Instruction	Description	Operation
0000011 (3)	000	–	I	`lb rd, imm(rs1)`	load byte	$rd = SignExt([Address]_{7:0})$
0000011 (3)	001	–	I	`lh rd, imm(rs1)`	load half	$rd = SignExt([Address]_{15:0})$
0000011 (3)	010	–	I	`lw rd, imm(rs1)`	load word	$rd = [Address]_{31:0}$
0000011 (3)	100	–	I	`lbu rd, imm(rs1)`	load byte unsigned	$rd = ZeroExt([Address]_{7:0})$
0000011 (3)	101	–	I	`lhu rd, imm(rs1)`	load half unsigned	$rd = ZeroExt([Address]_{15:0})$
0100011 (35)	000	–	S	`sb rs2, imm(rs1)`	store byte	$[Address]_{7:0} = rs2_{7:0}$
0100011 (35)	001	–	S	`sh rs2, imm(rs1)`	store half	$[Address]_{15:0} = rs2_{15:0}$
0100011 (35)	010	–	S	`sw rs2, imm(rs1)`	store word	$[Address]_{31:0} = rs2$

Unterprogrammaufrufe in RISC-V
(Relevant für aktuelle HA)

Allgemeine Vorgehensweise:

1. Register sichern, Parameter vorbereiten
2. Sprung (Jump and Link)
3. Operation
4. Rücksprung (Jump (and Link) Register)

```
jalr rd, rs, imm
jal rd, label
```
„echt“

```
jar rs
jal label
j label
```
„pseudo“

If-else in RISC-V

C Code	RISC-V Assembler
	`# s0 = f, s1 = g, s2 = h` `# s3 = i, s4 = j`

`if (i == j)`
`  f = g + h;`
 	
`f = f - i;`
	`    bne s3, s4, L1`
	`    add s0, s1, s2`
	`L1:`
	`    sub s0, s0, s3`

`if (i == j)`
`  f = g + h;`
 	
`else`
`  f = f - i;`
	`    bne s3, s4, L1`
	`    add s0, s1, s2`
	`    j   done`
	
	`L1:`
	`    sub s0, s0, s3`
	`done:`

While in RISC-V

C Code

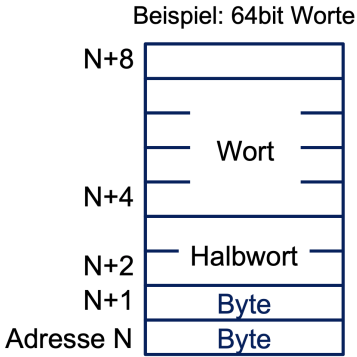
```
// Berechne x, so dass
// 2^x = 128

int pow = 1;
int x   = 0;

while (pow != 128) {
  pow = pow * 2;
  x = x + 1;
}
```

RISC-V Assembler

```
# s0 = pow, s1 = x

       addi s0, zero, 1
       add  s1, zero, zero
       addi t0, zero, 128
while:
       beq  s0, t0, done
       slli s0, s0, 1
       addi s1, s1, 1
       j    while
done:
```

Speicherorganisation

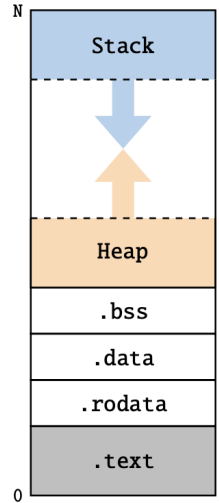
- Speicher ist üblicherweise byte-adressierbar – bei uns auch
- Speicher unterteilt in Zellen; Zellengröße entspricht Verarbeitungsgröße



Sections

wichtige sog. Sections:

1. `.text`
   beinhaltet ausführbaren Code
2. `.data`
   beinhaltet globale, schreibbare, initialisierte Daten
3. `.rodata`
   beinhaltet globale, nicht-schreibbare, initialisierte Daten
4. `.bss` (= block starting symbol)
   beinhaltet globale, schreibbare, nicht-initialisierte Daten
   effektiv nur ein Marker für „hier kommen n Bytes“

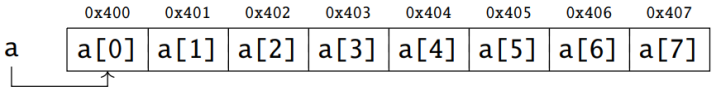


.data-Section in RISC-V

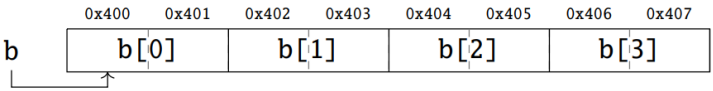
```
.org 0x200                      // Boilerplate

.data                           // Start der .data Section

data_1: .word 1, 2, 3, 4        // Alloziert 4 Words (je 4 Byte) nacheinander (als Array)
                                // ab und initialisiert diese mit 1,2,3,4

text_1: .asciz "I <3 ERA!"      // asciz = ASCII Zero -> fügt automatisch NULL-Byte an
                                // Alloziert 10 Bytes nacheinander und initialisiert diese
                                ↪  mit "I <3 ERA!" zzgl. NULL-Byte
                                // Erinnerung: Das Ende von Strings wird mit einem NULL-Byte
                                ↪  markiert
```

Arrays

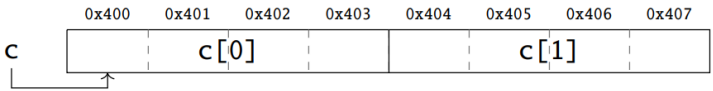
- `byte a[8] = {};`



- `short b[4] = {};`

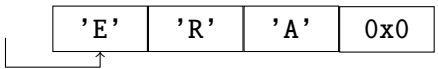


- `int c[2] = {};`

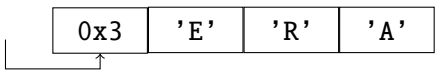


Strings sind Arrays

- Strings sind nur Arrays aus Buchstaben
- Im Computer sind die Buchstaben durch Zahlen repräsentiert
- Zeichen sind ASCII enkodiert (0-127)
- 2 verschiedene Arten von Strings
  - C-String



  - Pascal-String



ASCII (1977/1986)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0x	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1x	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2x	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4x	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5x	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6x	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7x	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	DEL

Changed or added in 1963 version
Changed in both 1963 version and 1965 draft

Structs

- Arrays für Daten gleiches Typs <=> `structs` fur Daten unterschiedlichen Typs
- Assembler kennt keine Typen – nur Zahlen in verschiedenen Größen
- `la` = load address. Pseudoinstruktion, die Adresse in Register ladt

RISC-V Assembler

```
example:
    .word 0
    .short 0
    .word 0
    .byte 0

la  a0, example
li  a1, 1
sw  a1, 6(a0)
```

C Code

```
struct calc {
    int operand1;
    short operand2;
    unsigned int ergebnis;
    unsigned char operation;
};
struct calc example = { 0 };
example.ergebnis = 1;
```

Fragen?

Bis zum nächsten Mal ;)

Folien inspiriert von Clemens Schwarzmann, Bjarne Hansen